

第 24 次越冬隊海洋生物 (BIOMASS 計画 2 年次) 観測報告, 1983/84

渡辺研太郎*・佐藤博雄**・神田啓史*・高橋永治***

Report on the Marine Biological Investigations near Syowa Station,
1983/84 (JARE-24) as a BIOMASS Programme

Kentaro WATANABE*, Hiroo SATOH**, Hiroshi KANDA*
and Eiji TAKAHASHI***

Abstract: The 24th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-24) took charge of the second year survey of the three-year programme for Antarctic marine biological investigations near Syowa Station. The second year programme was planned to lay stress on primary producers in water column and in sea ice. Investigations on seasonal variations of standing stock, species composition and primary productivity of phytoplankton and ice-associated microalgae were carried out from February 1983 to January 1984. In addition, marine bacterial study and population census of the Adélie penguin were performed.

Successive observations from the former party (JARE-23) revealed that the standing stock of phytoplankton reached the maximum between middle January and middle February in 1983, although the present research was interrupted in early May by the outflow of fast ice around Syowa Station. Details of technical and logistic aspects on field works are given in this report. Information on the planning and preparation in Japan is also mentioned where necessary.

要旨: 第 24 次南極地域観測隊は、海洋生物を中心とした 3 年間におよぶ連続観測計画の第 2 年次を担当し、1983 年 2 月から 1984 年 1 月の間、昭和基地周辺定着氷上で調査・観測を行った。第 2 年次の主な調査対象は、海水下の植物プランクトン、アイスアルジー、原生生物などの基礎生産者で、現存量・種組成・一次生産に関する調査を実施した。このほか海洋細菌、アデリーペンギンの個体数などの調査を行った。

5 月初めに昭和基地周辺の海水が流失し、調査が一時中断したが、前次隊からの観測を継続することにより、植物プランクトンの現存量が 1 月中旬から 2 月中旬に最大となることなどが明らかになった。調査結果は今後別個に発表されるので、ここでは概要にふれるにとどめ、第 24 次観測隊の準備状況および調査・観測の実施状況について報告する。

1. はじめに

南極海の生態系研究を推進するため、1977 年から 10 ケ年にわたって国際共同研究計画 “Biological Investigations of Marine Antarctic Systems and Stocks” (BIOMASS) が始

* 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

** 東京水産大学. Tokyo University of Fisheries, 5-7, Konan 4-chome, Minato-ku, Tokyo 108.

*** 神戸大学理学部生物学科. Department of Biology, Faculty of Science, Kobe University, Rokko-dai-cho, Nada-ku, Kobe 657.

められた (SCAR *et al.* 1977). 日本南極地域観測隊 (JARE) においては, この BIOMASS 計画の一環として昭和基地での 3 年連続 (1982–1985) の越冬観測計画が立案され, 第 23 次隊 (JARE-23) から実施に移された. その経緯, および 3 ケ年の観測計画の概要については福地ら (1985) に示されている. JARE-24 は BIOMASS 計画の第 2 年次として 1983 年 2 月から 1984 年 1 月までの間観測を行ったので, その観測計画・調査観測の概要を報告する.

2. 第 24 次隊の観測計画

2. 1. 観測計画

3 ケ年にわたる BIOMASS 計画の研究目標の一つに, 昭和基地周辺定着氷下の海洋物理・化学・生物学的要素の季節変化および年変動を把握することが挙げられた. 従来行われてきた越冬観測は単年計画であったため, 越冬交代期にあたる 1 月と 2 月のデータが極めて少ない. これは搬入した観測機材, 分析機器の開梱, 組み立て, 調整および帰り支度の梱包などに追われて観測の実施が困難なためであった. 一次生産者を含む海洋生物の活動が最も盛んな 12 月から 2 月にかけての観測は, 南極海の沿岸生態系を解明する上で不可欠である. したがって 3 年連続観測の利点を生かし, 前次隊から引き続き短い時間間隔で海洋観測を行い, この期間の各要素の季節変化をとらえることを大きな目標の一つとした. また, 本計画の第 2 年次を担当する JARE-24 は, 海洋生態系における基礎生産者である微細藻類に関する調査と研究を主目標とした. これらのほかに 3 年間連続して観測する項目の一つにアデリーペンギンなどの鳥獣類のセンサスも計画に含めた.

JARE-24 の生物担当の隊員は高橋永治, 神田啓史, 佐藤博雄, 渡辺研太郎の 4 名である. 試料の処理・分析などの屋内研究は昭和基地の環境科学棟で行った. 4 名のうち神田は藓類の分類生態学的研究および土壌藻類, 土壌細菌のモニタリングを本務としており, 鳥獣類のセンサスと定点観測時の野外作業・分析の一部を分担することにより海洋生物研究に関与した. 他の 3 名は定点観測のほか, 高橋が氷海の原生生物群集の研究, 佐藤が一次生産の研究および海洋細菌の種組成と現存量の把握, 渡辺はアイスアルジーの生態学的研究をそれぞれの研究課題とした.

2. 2. 出発前の訓練

海洋生物部門として JARE-24 の全体訓練のほかに以下の訓練および機器の試験を行った.

1) 1982 年 2 月 21–26 日: 北海道サロマ湖畔登栄床地先において, 海氷上作業訓練, 海氷下潜水訓練および使用機材試験を実施した. 佐藤, 渡辺ほかが参加.

2) 6 月 13–14 日: 東京水産大学練習船「青鷹丸」により東京湾において現場水中蛍光光度計の試験を実施. 佐藤, 渡辺が乗船.

3) 8 月 23–25 日: (株)日電子テクニクス昭島工場において, 走査型電子顕微鏡 T-100 型の操作習熟, 開梱, 設置および梱包の訓練を実施. 高橋, 佐藤, 渡辺が参加.

4) 8月27-31日：東京水産大学小湊実験所において，scuba 潜水訓練を実施。氷下潜水で使用するドライスーツ，浮力調整具ほか潜水機材の操作の習熟のため，神田，佐藤，渡辺，佐々木（JARE-24 海洋生物定常観測担当）が参加。

5) 10月13-14日：東京水産大学練習船「青鷹丸」により相模湾において，現場水中蛍光光度計本体および専用スリップリング付手動ウインチ試験。渡辺が乗船。

2.3. 搬入物品

JARE-24 の海洋生物部門が昭和基地に持ち込んだ主要な物品を表1に示す。前年に引き続いて実施する観測項目に関しては補給部品や消耗品を調達した。必要な補給部品などについては越冬中の担当隊員から調達参考意見を得た。ウインチや発電機の補給部品，低温により故障した転倒温度計の補充分などはその例である。一方 JARE-24 で新たに開始する調査の機材については，ほとんどを持ち込んだ。微細藻類，原生生物および海洋細菌研究用の各種顕微鏡，オートクレーブや培養用のインキュベーター，無菌箱などがその例である。走査型電子顕微鏡については，専門技術者のサービスを受けられないことと輸送上の制約などを考慮して，故障が起きにくく維持が容易な小型の機種を選定した。また，一次生産者の生育環境条件として重要な光量子量を測定するための万能光度計を一台持ち込み，JARE-23 か

表1 JARE-24 海洋生物部門主要搬入物品
Table 1. Equipments and instruments carried into Syowa Station by JARE-24.

| 類 別 | 品 名 | 規 格 | 数量 |
|---------------|---------------------|---|----|
| 氷上作業 用 機 材 | チェーンソー | 西ドイツ Stihl 社，076 AVEQ 型，120 cm バー付き | 2 |
| | 電動チェーンソー | 新ダイワ，A 808 型，100 cm バー付き | 1 |
| | アイソオーガー用 モーターヘッド | 日立，DU-PN2 型，100 V，750 W，シャフト加工 | 1 |
| | アイスチーゼル | 米国 Geotest 社 | 2 |
| | ウインチ補修部品 | 鉤研試錘，乱巻防止装置 | 1 |
| | 発電補修部品 | ヤンマー，YSG 5 EN 用 | 1 |
| | | “ ， YSG 3000 B 用 | 1 |
| 採集用具 | バンドン採水器 | 6 l 容 | 4 |
| | 転倒温度計 | 防圧型， $-2-+15^{\circ}\text{C}$ ，1/20 目盛 | 5 |
| | ツイン NORPAC ネット | 口径 45 cm 2 連，側長 180 cm，ステンレスパイプフレーム，網目の大きさ XX 13 (約 $100\ \mu\text{m}$ 開口)，P 25 ($25\ \mu\text{m}$ 開口) | 2 |
| | トリプルネット | 口径 20 cm，側長 50, 60, 70 cm ネット三重 網地開口 50, 20, $5\ \mu\text{m}$ | 2 |
| 野外観測 用 具 | 現場水中蛍光光度計 | 西ドイツ Impulsphysik 社，VARIOSENS-II 型，深度センサー付き，250 m ケブラーケーブル巻手動式スリップリング付きウインチ | 1 |
| | 万能光度計 | 米国 LI-COR 社，LI-188 型，陸上/水中/水中球型光量子センサー付き，100 m ケーブル付き | 1 |
| | 記録式積算光度計 | 米国 LI-COR 社，LI-550 型，6 チャンネルセンサーセクター付き，陸上/水中/水中球型当量子センサー，50 m ケーブル，保温箱入り | 1 |

| 類 別 | 品 名 | 規 格 | 数 量 |
|---------------|---|--|-----|
| 分析機器 そ の 他 | 分光光度計 | 日立, 320 型, 自記式, サンプルシッパ, フローセル, プリンター付き | 1 |
| | 分光蛍光光度計 | 日立, 650-40 型, 5 連セルターレット付き | 1 |
| | 電 導 度 計 | 東亜電波, CM-8 ET 型 | 1 |
| | 走査型電子顕微鏡 | 日本電子, T-100 型, 撮影用超高解像度 CRT 付き | 1 |
| | 真空蒸着装置 | " , JEE-4 B 型 | 1 |
| | 臨界点乾燥装置 | " , JCPD-5 型 | 1 |
| | イオンスパッター | " , JFC-1100 型 | 1 |
| 分析機器 そ の 他 | 蛍光顕微鏡 | 日本光学, XF-EFD 型 | 1 |
| | 倒立顕微鏡 | 日本光学, TMD-2 型, TMD-NT 型微分干渉装置付き | 1 |
| | 顕微鏡写真撮影装置 | 日本光学, UFX-35 A 型 | 1 |
| | インキュベーター | サンヨー, MIR-251 型, 庫内照明付き, -10-50°C, 254 l 容 | 1 |
| | | サンヨー, MIR-151 型, 庫内照明付き, -10-50°C, 126 l 容 | 1 |
| | オートクレーブ | ヒラヤマ, HA-30 DC 型 | 1 |
| | 無 菌 箱 | サンコープラスチック, DX 型 | 1 |
| | ポリシーラー | 草野工業, 310 型, 30 cm 幅 | 1 |
| | アンプル封入器 | 特注, 6 連型 | 1 |
| 試 薬 | 栄養塩標準溶液 | CSK スタンダード, SiO ₃ -Si, PO ₄ -P, NO ₂ -N, NO ₃ -N | 110 |
| | 標準海水 | 国際標準海水 | 30 |
| | Na ₂ ¹³ CO ₃ | 英国 Prochem, 90% atom ¹³ C, 2 g 入り | 5 |
| | 寒天他培養用試薬 | バクトアガー, 454 g 入り | 3 |
| | 蒸 留 水 | 20 l 入り, ポリエチレンタンク入り | 50 |

ら引き継いだ一台と合わせて 2 台を使用した。海水下の光量子量の連続記録用には保温箱入りの記録式積算光度計を搬入した。これらの測機の受光部には互換性を持たせた。潜水機材については JARE-22 で使用した物品（渡辺ら, 1982）とほぼ同じであった。追加または変更した物品を表 3 に示す。

3. 実施経過

3. 1. 観測経過概要

海洋生物担当隊員は 1983 年 1 月 10 日昭和基地に到着し、全員作業終了後のあき時間を利用して JARE-23 との観測引き継ぎを行った。前次隊からの定点観測の引き継ぎとして 1 月中旬と下旬の観測に参加し、ウインチ操作や観測機材、分析機器の取り扱いの習熟を行った。2 月 1 日の越冬交代後、全員作業や搬入物品の開梱・整理、環境科学棟および観測倉庫内の整理にかなりの労力が費やされたが、2 月中旬には 3 定点で観測を実施することができた。これは BIOMASS 計画の第 2 年次のため、JARE-23 観測機材や分析機器を引き続き、直ちに使用できたためであった。アイスアルジー調査は 3 月 3 日から、海洋細菌調査は 5 月 24 日から開始された。

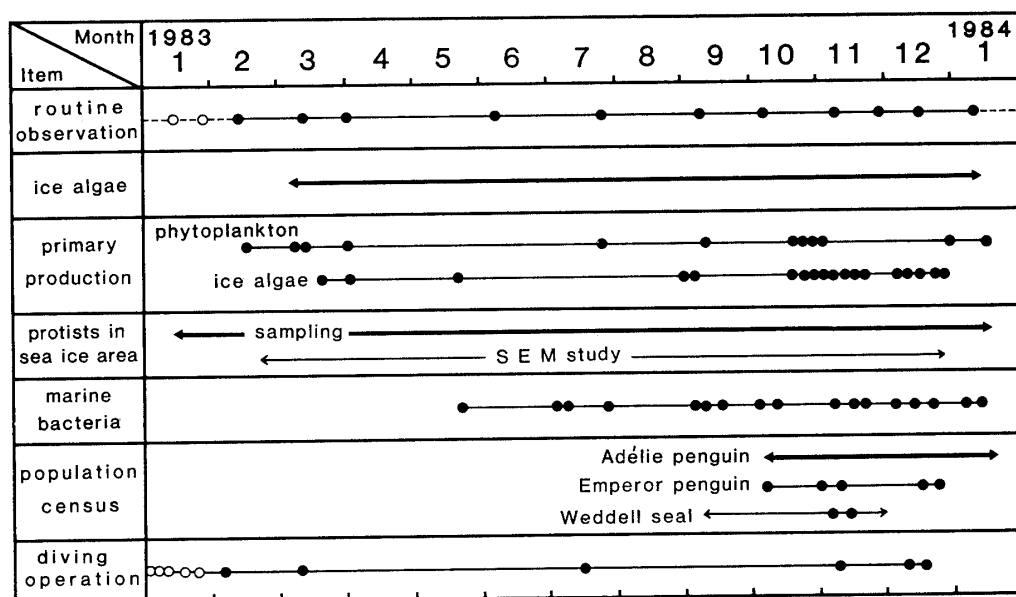


図 1 JARE-24 海洋生物調査の経過概要

Fig. 1. Marine biological investigations carried out by JARE-24 1983/84, the second year of the JARE programme related to BIOMASS.

昭和基地のある東オングル島の周囲は、5月2日から3日にかけて外洋からのうねりや風などによって定着氷が流れ去り、開水面となった。このため海水が発達して安全に氷上を走行できるようになるまでの間、海洋生物調査は実施できなかった。船外機付ゴムボートにより海洋観測を実施しようと考えたが、気温が -10°C 前後で風が強く、海面はすぐにグリーンアイスに覆われてボートの使用が困難な状況となった。海水流失後初めて海洋生物調査を行ったのは5月10日、北の瀬戸の定点1での海水採集および採水であった。採集点の氷厚は23cmで、安定した地付氷から海水上に板を敷き、さらに救命ロープを付けて採集を行った。海水発達後は、新成氷と以前の定着氷との段差が環境科学棟の下で2m近くあり、雪上車を海水面上におろす適当な場所が見出せなかった。そのため、段差を削り、雪を運んで斜面を作ろうと試みたが、タイドクラック縁の新成氷の発達が十分でないために雪の重みを支えきれず、潮の干満などにより斜面が沈下し、SM 20S型雪上車が海水面上に出るまで約1ヶ月を要した。軽量ぞりをひいたスノーモービルは5月中旬から海水面上で使えるようになった。以後12月に入るまで氷状は安定していたが、12月中旬頃から日射により積雪が昇華して減少し、パドルの形成が始まった。特にオングル海峡中部は氷状が悪く、重量のあるウィンチ用カブースをひいて行くことが困難になったので、軽量ぞりに電動ウィンチを据え付けて代替させた。1月中旬にはJARE-25と定点観測を合同で実施し、観測機材、分析機器の引き継ぎを行った。各観測項目の実施経過の概略を図1に示す。

3.2. 設 営

3.2.1. 車 両

JARE-24 海洋生物観測で使用した車両は、浮上型 SM 204 号雪上車、KC 40 型（主に 33

号車) 雪上車およびスノーモービル(ヤマハ E 250 型) 2 台であった。定点観測では、通常ウインチ用カブースと観測用カブースを現場に設置して作業するため、2 台の雪上車を必要とした。アイスアルジー調査では、気温の低い時や強風時に浮上型雪上車を使用し、通常はスノーモービルを使用した。

浮上型 SM 204 号雪上車は JARE-23 により昭和基地に搬入され、海洋生物観測に多用されてきた。この型の雪上車は空気取り込み口と排気口の開口部が大きく、専用のふたがないため、雪の吹き込みを防ぐために駐車中は開口部を板で覆う必要があった。また、キャビンは鉄パイプフレームを骨とした塩化ビニール引きキャンバス地でできているため、ドア周辺にすき間が生じ、駐車中にブリザードが来襲すると雪の吹き込みが発生した。キャビンの構造、材質については、ドアの取り付け部がずれ易い、窓の透明塩化ビニールシートが破れ易いなど検討の余地があろう。−30°C 以下の低温下ではエンジンの始動に時間と労力を要したほか、足元に温風吹き出し口がないために数十分運転すると足先が冷えた。また、けん引フックの構造は SM 40S 型雪上車で使われているものにすれば使い勝手が良くなるであろう。

スノーモービルは定点観測以外で基地からあまり遠くない場所での調査に多く用いた。スノーモービルと軽量ぞりとを組み合わせることにより機動力のある効率良い調査ができた。スノーモービル自体の故障としては、ピストンに穴があいたほかは特になかった。風防が破損していたため気温が低い時期にはあまり使用されなかった。

海上上で作業を行う際は行動予定を届け出て、VHF 無線機を携行して出発時および帰着時に昭和基地通信棟と連絡をとった。なお、浮上型雪上車の無線機のアンテナ用コネクタが外れ、一時通話のできないことがあったが、ほかに不都合はなかった。

3.2.2. 海氷穴あけ作業

定着氷域で海洋観測を行うには海氷に穴をあける必要がある。小口径の採水器や折たたみ式の採集器は、SIPRE 型柱状採氷器(アイスオーガー)で容易にあけられる直径 10 数 cm の穴から海中へ投入できる。しかし、より大型の採集器に対しては、他の方法で海氷に穴をあけねばならず、多大の労力を要する。簡便な方法としては氷厚より長いバーを持つチェーンソーで海氷を切り抜くことである。JARE-24 ではバーの長さ 120 cm のチェーンソーを持ち込み、厚さ 100 cm 程度までの海氷に 1×2 m の穴をあけるのに使用した。海氷ブロックの引き上げに雪上車を利用することにより、最終的には 2 人で所要時間約 30 分の作業に効率化された。それ以上の厚さの海氷に対しては、長尺バーの大型チェーンソーにも限度があり、扱う人間の体力にも限界があるため、長方形の枠をチェーンソー、アイスオーガー、アイスチゼルなどで少しずつ掘り下げる方法を用いたが、所要時間は格段と長くなった。

使用したアイスオーガーは内径約 7.5 cm (3 インチ) の SIPRE 型で、これに減速ギア付電動ドリルを改造して取り付けたものである。ドリルには軽量ぞりに据え付けた小型発電

機 (AC 100 V, 1 kVA) から電力を供給し、使い勝手が極めて良かった。ドリルにはビニールテープを巻いて防滴性を持たせた。JARE-23 から引き継いだドリルは越冬中にスイッチが故障し、部品が無いために使用不能となったが、その後使用した JARE-24 持ち込みのドリルには故障が発生しなかった。

チェーンソーは 120 cm のバーを取り付けたエンジン式のもの 2 台と、100 cm のバーを取り付けた電動式のもの 1 台を持ち込んだ。電動式のもののは重い割にバーが短かく、さらに大電力を必要としたためにあまり使用されなかった。エンジン式チェーンソーは大型機に長尺バーを取り付けたために重くなり、操作性が低下して体力を要した。しかし、1 m の厚さの海氷を短時間に切り抜く能力は、それらの欠点を十分補ったと言える。気温の低い時に長時間負荷をかけ続けると、排気に含まれる水分が凝固してエアクリナー部が目づまりを起こし、しばしばエンジンが停止した。点火プラグが水で濡れていたことから、水分がさらに奥にまで入ったと推察される。このため、負荷運転を数分以内でやめて時々空運転をしたり、風向きに注意して排気が吸入されないようにするなどの対策を講じた結果、トラブルの発生が減少した。

3.2.3. 潜水作業

今次隊での潜水は、海氷下部で増殖するアイスアルジーの採集および観察、海氷直下への光センサー、セディメントトラップの設置を主な目的としたものであった。潜水調査の実施日、場所および潜水者を表 2 に示す。潜水用の穴 (大きさ約 1×2 m) は調査の前日までに整備し、鉄パイプで組んだ昇降用のはしごをかけ、長辺に沿って道板を敷いた。潜水作業で用いた主な機材は JARE-22 夏隊で使用したもの (渡辺ら, 1982) とほぼ同じである (図 2)。追加および代替物品を表 3 に示す。

昭和基地近くの潜水地点には観測用カブスを設置し、7 月以降の潜水に際しては室内を



図 2 潜水調査で装着した用具

Fig. 2. Equipments employed in ice diving near Syowa Station.

表 2 潜水調査実施記録
Table 2. Record of under-ice diving.

| 日 時 | 天候・気温 風速 | 場 所 | 潜 水 者 | 作 業 内 容 |
|---------------------|-----------------------|--|------------|---|
| 1983年 1月6日 午前 | | 68°43.3' S 38°46.0' E (「ふじ」 接岸点より 130 m) | 渡 辺 | 潜水慣熟 アイスアルジー採集 水中写真撮影 |
| 同 上 午後 | | | 佐々木 | 同 上 |
| 1月7日 午前 | | | 渡 辺 佐々木 | 同 上 |
| 1月20日 午後 | | 北の浦 (定点 3) | 佐々木 | セディメントトラップの海氷直下への設置 氷下採水 水中写真撮影 |
| 1月23日 午後 | | | 渡 辺 佐々木 | セディメントトラップ回収 微細各層採水 水中写真撮影 |
| 2月2日 午後 | 快晴, +1.7°C 1.1 m/s | | 佐 藤 | 潜水慣熟 氷直下動物プランクトン採集 氷下光量測定 |
| 3月8日 午後 | 雪, -7.1°C 5.0 m/s | 北の瀬戸 (定点 1) | 渡 辺 | アイスアルジー採集 (トラブルのため途中で潜水中止) |
| 7月14日 午後 | 曇, -14.4°C 4.8 m/s | | 渡 辺 | 光センサーの海氷下面への設置 海氷下面観察 水中写真撮影 |
| 11月5日 午後 | 曇, -7.7°C 5.3 m/s | | 渡 辺 | 海氷直下微細各層採水 セディメントトラップの設置 アイスアルジー採集 海底泥採集 水中写真撮影 |
| 12月9日 午後 | 快晴, -0.3°C 2.1 m/s | | 渡 辺 | アイスアルジー採集 海氷直下動物プランクトン採集 水中写真撮影 |
| 12月12日 午前 | 晴, -0.9°C 2.4 m/s | | 佐 藤 渡 辺 | セディメントトラップの設置 水中写真撮影 |

表 3 JARE-24 で新たに使用した潜水調査機材。他については渡辺ら (1982) を参照のこと
Table 3. Diving gears employed by JARE-24. For other items refer to
WATANABE et al. (1982).

| 類 別 | 品 名 | 規 格 | 数 量 |
|--------|-----------|---|-----|
| 潜水機材 | レギュレーター | 米国 Sherwood, マグナム 3200 型, 残圧計, オクトパスレギュレーター付き | 3 |
| | 浮力調整具 | 米国 Sequest, シージャケット IV 型 | 3 |
| 水中撮影機材 | 水中 TV カメラ | ソニー, マリンパック MPK-60 型 | 1 |
| | 水中ライト | オビスコ, バッテリーライト, DC 24 V, 250 W | 1 |
| | " | オビスコ, AC 100 V, 300 W, 40 m ケーブル付き | 1 |
| そ の 他 | 水中無線通話装置 | 米国 Soundwave, ウェットフォンプロフェッショナル | 3 |

暖房して 5-10°C に保ち、空気タンクなどがあまり低温にならないよう留意した。ドライスーツの着脱は、3-11 月にかけての 3 回ともカブス内で行うことができ、快適であった。潜水作業時は氷上に命綱保持者、機材および採集物の受渡しをする者、水中無線通話装置のオペレーター、医師など 4 名以上の協力を得た。また、基地通信棟とは随時連絡がとれる状態を保った。

3 月 8 日に実施した潜水では、開始直後にレギュレーターのフリーフローが止まらなくなるトラブルが発生し、レギュレーターを交換したが、その後 2 台目のレギュレーターも故障したため作業を途中で打ち切った。潜水穴から 15 m ほどの海水直下でアイスアルジーを採集中、レギュレーターの第二段減圧部から突然中圧 (約 7 kg/cm²) の空気が噴出した。氷上の通話装置からは噴気音しか聞き取れず、何が起きたかわからなかったが、命綱を互いにたぐることにより潜水者は潜水穴へ戻った。原因は、空気タンクやレギュレーターが結氷点以下に冷えており、空気吸入時の断熱膨張によってさらに金属部の温度が下がり、海水が凍結して第二段減圧部に詰まるなどして誤動作をしたと考えられる。その後レギュレーターと空気タンクをなるべく潜水直前まで観測用カブス内で暖めておくようにしてからは、トラブルの発生がなくなった。

7 月 14 日の潜水は午後 2 時頃行った。当日の日出は 11 時 57 分、日没は 12 時 58 分であり、海面から見ると約 12 m 下の海底のウニがようやく視認できる程度の暗さだった。しかし海中に入ると海水直下は十分明るく、眼が馴れた後は海底もあまり暗く感じなかった。海中の透視度は 7 月に最も高かった。

4. 調査・観測

4.1. 定点観測

3 年連続越冬観測の主軸をなす定点観測は、JARE-23 で実施した 5 定点のうち、得られた

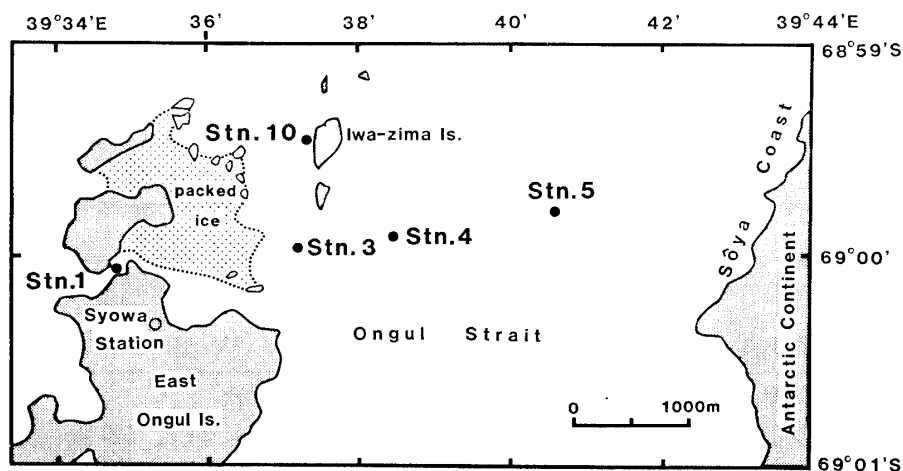


図 3 定点観測および氷柱採集の定点

Fig. 3. Sampling sites of routine observation and ice core collection set up by JARE-24.

表 4 定点観測実施日
Table 4. Date of routine observations.

| 観測番号 | 定 点 1 | 定 点 3 | 定 点 4 | 定 点 5 |
|--------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 1983 年 | | | | |
| 1 | 2 月 18 日 | 2 月 16 日 | 2 月 17 日 | — |
| 2 | 3 月 11 日 | 3 月 11 日 | 3 月 9 日 | — |
| 3 | 4 月 1 日 | 3 月 29 日 | 3 月 28 日 | — |
| 4 | 6 月 4 日 | 6 月 3 日 | — | 6 月 6 日 |
| 5 | 7 月 28 日 | 7 月 27 日 | — | 7 月 29 日 |
| 6 | 9 月 8 日 | 9 月 10 日 | — | 9 月 9 日 |
| 7 | 10 月 5 日 | 10 月 8 日 | — | 10 月 7 日 |
| 8 | 11 月 11 日 | 11 月 9 日 | — | 11 月 10 日 |
| 9 | 11 月 29 日 | 11 月 29 日 | — | 11 月 30 日 |
| 10 | 12 月 16 日 | 12 月 15 日 | — | 12 月 14 日 |
| 1984 年 | | | | |
| 11 | 1 月 13 日 | 1 月 12 日 | — | 1 月 11 日 |

データから定点 1, 3, 5 の 3 点 (図 3) で実施することとした。しかし 4 月まで定点 5 はパドル群の中あるいは開水面となっていたため、定点 3 と 5 のほぼ中間に位置する定点 4 で観測を実施した。定点観測には通常、ウインチとその電源用 5kVA ディーゼル発電機を備えた幌付きそり、いわゆるウインチ用カブースと、2.7kVA ガソリン発電機を備え、ナンセン採水器からの水の分取、DO 現場固定などを行う野外実験室的な機能を持つ幌付きそり、いわゆる観測用カブースを使用した。ウインチ用カブースは重いため KC 40 型雪上車、観測用カブースは浮上型 SM 204 号雪上車がけん引した。ウインチ用カブースは氷状が悪化する夏季には海氷上をけん引できなくなり、軽量ぞりに小型電動ウインチを据え付け、スノーモービルでけん引して観測を行った。2 台のカブースは風向と作業効率を考慮して観測定点に配置し、ウインチ用カブース備え付けの鉄パイプ製三脚を展開して採水およびネット採集を行った。定点観測の実施日を表 4 に示す。

4.1.1. 採水・测温

採水にはナンセン採水器とバンドン採水器を用いた。前者は塩分, DO, pH, 各種栄養塩分

表 5 観測点での採水深度および水深
Table 5. Depth for water sampling and sea depth at routine observation stations.

| 観 測 点 | 採 水 深 度 (m) | 水深 (m) | 備 考 |
|-------|--|----------|-----------------------|
| 定 点 1 | 2, 4, 6, 8 2, 5, 8, 11 | 10 12 | 第 1-3 回観測 第 4 回観測～ |
| 定 点 3 | 2.5, 5, 10, 15, 25, 35 | 38 | |
| 定 点 4 | 2.5, (5), 10, (15), 25, (35), 50, 75, 100, 150 | 160 | 第 1-3 回観測 |
| 定 点 5 | 2.5, (5), 10, (15), 25, (35), 50, 75, 100, 150, 200, 400, 600 | >700 | 第 4 回観測～ |

深度は水面からの深さ
() 内はバンドン採水のみ

析用に、後者は植物色素定量用 (1 l), 原生生物研究用 (700 ml), 植物プランクトン種組成研究用 (500 ml) および溶存態・懸濁態有機物分析用 (1 l) の採水に使用した。各定点の水深と採水深度を表 5 に示す。

DO は観測定点に設置した観測用カブス内で固定し、測温はナンセン採水器に取り付けた 2 本の防圧型転倒温度計により行い、環境科学棟内で示度を安定させた後に温度を読み取った。その他の測定および分析は JARE-23 と同様の方法 (福地ら, 1985) によった。

1983 年 2 月から 1984 年 1 月にかけて 3 点で実施した 11 回の定点観測の結果, 244 組の海洋物理・化学・生物学的なデータが得られた。JARE-23 の観測データを併せ考えると, 1983 年には 1 月中旬から 2 月中旬の間に植物プランクトン現存量が最大となったことが明らかになった。

4.1.2. ネット採集

プランクトン採集のため口径 45 cm, 側長 180 cm の NORPAC 型プランクトンネットを横に二連にしたツインネットを使用した。小型動物プランクトンおよび大型植物プランクトンに対しては XX13 (開口部約 100 μm) の網地, 小型植物プランクトンに対しては P25 (同約 25 μm) の網地を用いた。曳き網は定点 1, 3 では海底直上から, 定点 4, 5 では水深 150m から海面まで約 1 m/s の速度で垂直曳きを行った。3 点から合計 64 本のネット標本を得た。

原生生物調査用には, ナノプランクトンの多量採集を目的として口径 20 cm, 側長 50, 60, 70 cm のネットを三重にしたトリプルネットを使用した。網地の開口はそれぞれ 50, 20, 5 μm で, ツインネットと同様に曳き網した。

4.1.3. その他の現場観測

水中現場蛍光量測定: 9 月以降の定点観測で実施した。観測用カブス内の発電機より AC 100 V 電源を供給し, スリッピング付き手動ウインチにより海中を下降・上昇する際

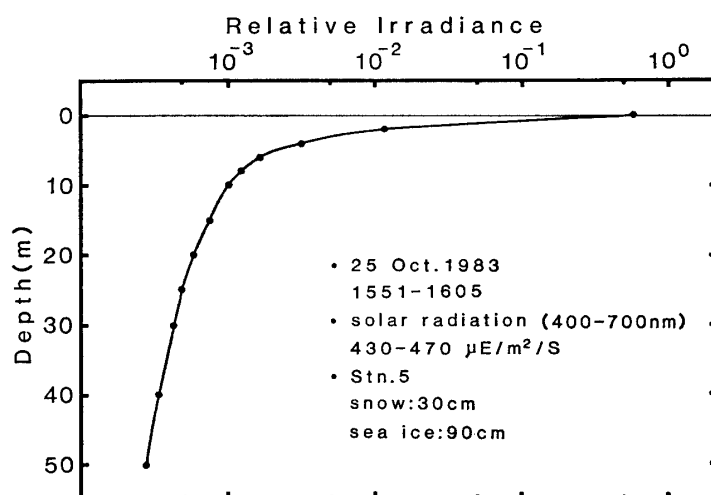


図 4 海氷穴から観測された氷下海中の相対光量子量 (1983 年 10 月 25 日, 観測定点 5)

Fig. 4. Relative irradiance beneath sea ice, measured from ice hole at Stn. 5 on 25 October, 1983.

に 2 ペン式記録計で水深と蛍光強度を記録した。昇降速度は約 1 m/s とした。

水中光量子量測定：海氷下の海中での光量子量の減衰を知るため、定点観測用の穴から光量子センサーを投入し、氷上での光量子量をモニターしながら減衰の様子を測定した。海氷にあけた穴が大きいので、そこから海中に入射する光の影響が水深 10 m 程度まで顕著であった。氷上と海中に設置した同種の光量子 (400–700 nm) センサーの読み取り値から求めた光の減衰を図 4 に示す。

4. 2. アイスアルジー調査

海氷下面あるいは海氷中に見られるアイスアルジーの生態を理解するため、生育環境条件の異なる数カ所で現存量および種組成の季節変化を調査した。氷柱の採集定点として積雪および氷厚が異なると予想された観測定点 1, 3, 5 および新たに定点 10 を設定した。定点 1, 3, 5 の海洋物理・化学・生物学的な要因は定点観測から得られた。

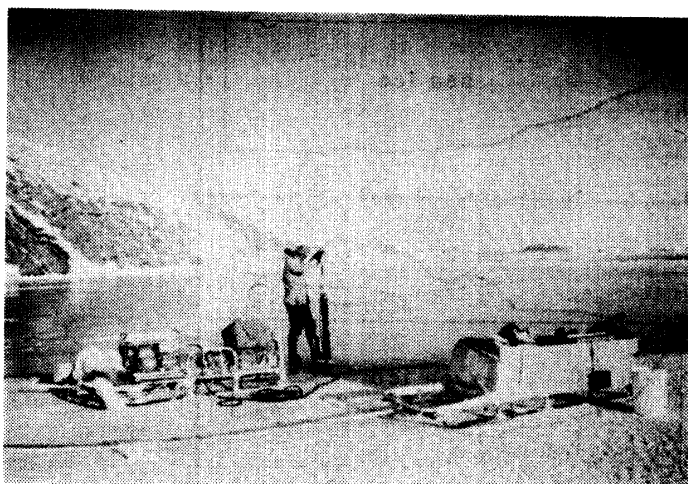


図 5 氷柱採集

Fig. 5. Equipments employed in ice core sampling.

表 6 氷柱採取実施日
Table 6. Dates of ice core sampling.

| 月 | 定 点 1 | 定 点 3 | 定 点 5 | 定 点 10 |
|--------|------------------|--------------|-----------|--------------|
| 1983 年 | | | | |
| 3 月 | 3,16,20 日 | 5,16,24 日 | | 25 日 |
| 4 月 | 2,11,16,23 日 | 4,12,17,29 日 | 21 日 | 2,11,16,23 日 |
| 5 月 | 10,14,20,25,29 日 | 24,28 日 | 27 日 | 27 日 |
| 6 月 | 4,10,16,28 日 | 2,12,30 日 | 6,17 日 | 8,19 日 |
| 7 月 | 9,21 日 | 20 日 | 4,25 日 | 8,24 日 |
| 8 月 | 1,16,28 日 | 4,17,31 日 | 9 日 | 7,21,31 日 |
| 9 月 | 3,12,22,27 日 | 11,21,30 日 | 2,19 日 | 8,17,24 日 |
| 10 月 | 4,13,22,28 日 | 10,24 日 | 5,17,27 日 | 6,17,24 日 |
| 11 月 | 8,18,27 日 | 1,14,23 日 | 10,22 日 | 2,18,28 日 |
| 12 月 | 4,23 日 | 3,18,29 日 | 8,21 日 | 18 日 |
| 1984 年 | | | | |
| 1 月 | 9,18 日 | 12 日 | 2,12 日 | 5 日 |
| 合 計 | 36 | 28 | 18 | 24 |

調査にはスノーモービルまたは浮上型雪上車と、1kVA ガソリン発電機を据え付けた軽量ぞりをを用い、電動式アイスオーガーで氷柱3本を採集し、北原式採水器で採水を行った（図5）。定点には竹竿を設置し、竿から半径5m以内で常に採集した。採集した3本の氷柱のうち2本は植物色素定量、1本は種組成検鏡用標本とした。調査実施日を表6に示す。氷厚および積雪は、竹竿上の目印を基準に測定した。海氷の厚さおよび積雪の変化を図6に示す。

アイスアルジーは秋と春-夏の2回、海氷下部を中心に増殖し、顕著な着色現象を起こした。春から夏にかけての増殖は、積雪の少ない光の透過のよい場所ほど早く始まった。定点1, 5, 10での着色現象初視認は、それぞれ8月28日、10月5日、8月7日であった。この調査により海氷各部の植物色素量などの資料は約2900組、種組成検鏡用標本約1500本が得られた。

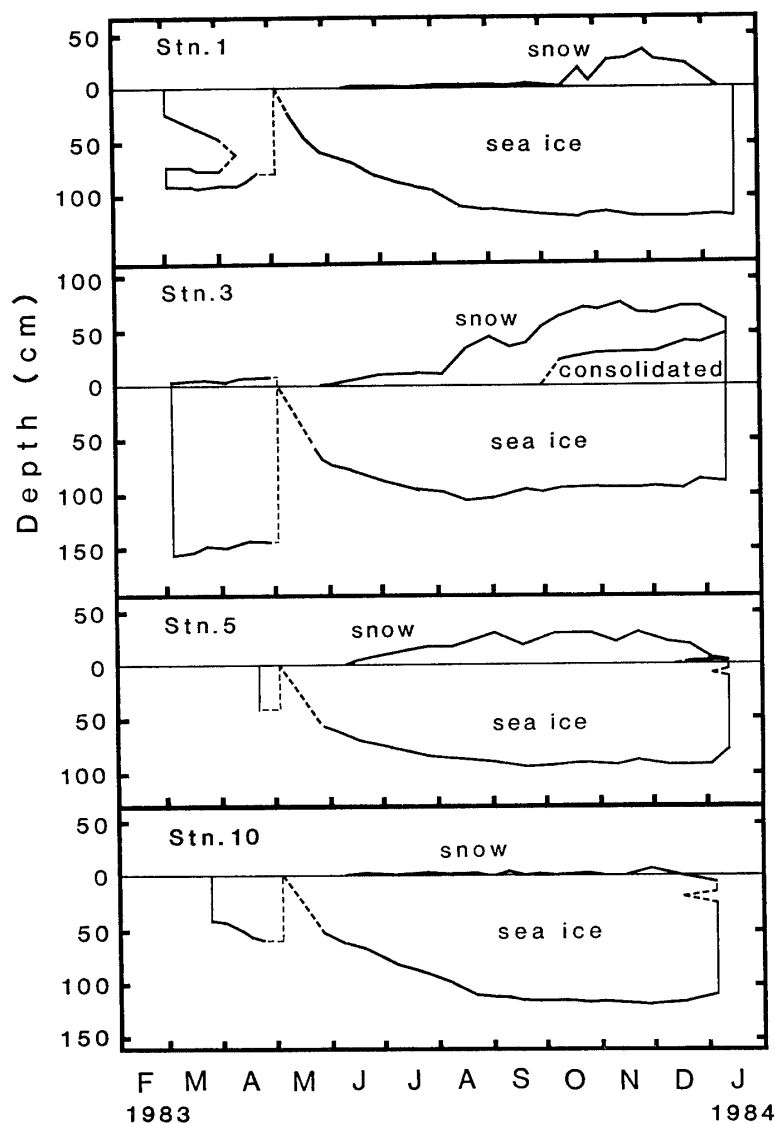


図6 海氷および積雪の季節変化

Fig. 6. Seasonal changes of ice and snow thickness at the four locations.

4. 3. 一次生産調査

昭和基地周辺海水下の一次生産の担い手として、植物プランクトンとアイスアルジーが重要と考えられた。そこで一次生産の季節的な特性を明らかにするため、植物プランクトンおよびアイスアルジーについて現場での一次生産速度を測定した(表 7)。植物プランクトンについては一次生産速度と光量子量との関係、アイスアルジーについては一次生産速度と水温との関係、その日周性に関しても調査した。

表 7 一次生産速度測定実施日
Table 7. Dates of measurement of primary productivity.

| 定 点 1 | 定 点 3 | 定 点 5 | 定 点 10 |
|-----------------------------|----------|---------|------------|
| 1983 年 | | | |
| 2 月 16 日 | | | |
| 3 月 11, 20* 日 | 3 月 11 日 | 3 月 9 日 | |
| 4 月 1, 2* 日 | | | |
| 5 月 26* 日 | | | |
| 7 月 28 日 | | | |
| 9 月 1*, 8 日 | | | 9 月 2* 日 |
| 10 月 18**, 24**, 26**, 28 日 | | | 10 月 28* 日 |
| 11 月 1*, 4*, 8*, 14*, 21* 日 | | | |
| 12 月 3*, 11*, 22*, 26 日 | | | |
| 1984 年 | | | |
| 1 月 13 日 | | | |

*: アイスアルジーの調査

**: アイスアルジーおよび植物プランクトンの調査

無印: 植物プランクトンの調査

測定は ^{13}C 法 (SATO *et al.*, 1985) に従ったが一部のアイスアルジー試料については溶存酸素法を用いた。300 ml BOD 瓶中の試料に ^{13}C で標識した炭酸ナトリウム (Prochem, U. K.) を無機炭素中の ^{13}C が 7% 程度になるように添加した。これを現場海中に 4-6 時間つり下げ、実験室に持ち帰った後グラスファイバーフィルター (Whatman GF/C) でろ過した。フィルターは乾燥させた後国内に持ち帰り、日本分光 EX-130 型 $^{13}\text{CO}_2$ アナライザーで ^{12}C および ^{13}C の存在比を測定し、一次生産速度を求めた。本法によりクロロフィル *a* が 0.1 mg/m³ 以下の低い濃度の試料でも一次生産速度を求めることができた。

4. 4. 氷海の原生生物群集調査

氷海の原生生物群集の解析にあたっては、生きた試料の検鏡や培養実験に加えて、電子顕微鏡観察がいわゆる hidden 微小生物の実体を明らかにするための重要な手段である。そこで昭和基地の電力事情、機器の保守の容易さなどを考慮した結果、小型走査型電子顕微鏡 JSMT-100 型と試料作製用機器一式を基地に持ち込んだ。観察用試料は定点観測時の採水、11 月以降のネット採集 (トリプルネット)、氷柱採集時などあらゆる機会をとらえて採集した。得られた標本数は約 700 点、作製した試料数は走査型電子顕微鏡用が 1200 点あまり、透過型電子顕微鏡用が約 6000 点、光学顕微鏡用が約 700 点であった。

搬入した走査型電子顕微鏡は2月1日、環境科学棟山側の扉から運び入れ、点検および調整の後2月23日から12月28日までの間、約724時間使用された。これまでの研究により黄金藻のシスト約30種、パラピソモナス4種などについて新知見が得られている。

4.5. 海洋細菌調査

海氷下の海洋細菌について、生菌数 (colony forming unit) および種組成の調査を行った。1983年5月から1984年1月までの間、観測定点1, 3, 5において試料を採取した(表8)。生菌数の計数のため、試水をヌークレオポアフィルター(直径47mm, 孔径0.2 μ m)でろ過し、フィルターを2216E培地の表面にはり付けた。これを-1°Cで14日間培養し、形成されたコロニーを数えて生菌数を求めた。また形成されたコロニーの一部を種組成調査用の試料とした。

表8 海洋細菌調査用採水実施日
Table 8. Dates of water sampling for marine bacterial study.

| 定 点 1 | 定 点 3 | 定 点 5 |
|----------|-----------|-----------|
| 1983 年 | | |
| | 5 月 24 日 | 5 月 24 日 |
| 7 月 9 日 | 7 月 26 日 | 7 月 4 日 |
| 9 月 5 日 | 9 月 13 日 | 9 月 6 日 |
| 10 月 9 日 | 10 月 9 日 | 10 月 5 日 |
| 11 月 8 日 | 11 月 23 日 | 11 月 22 日 |
| 12 月 8 日 | 12 月 13 日 | 12 月 21 日 |
| 1984 年 | | |
| 1 月 5 日 | 1 月 10 日 | 1 月 10 日 |

4.6. 鳥・獣類個体数調査

これまで環境モニタリングの一環としてアデリーペンギン、コウテイペンギンとウェッデルアザランの個体数変動について調査が行われてきた。これらは今回の BIOMASS 計画でも、海洋生態系の構成要素として調査対象に加えられた。

4.6.1. アデリーペンギン

昭和基地周辺のルッカリー(集団営巣地)のうち基地から比較的近いオングルカルベンとまめ島のルッカリーに重点を置いて調査を行った。この両ルッカリーでは JARE-23 が153個体にフリッパーバンドを付与している。表9に示したように、個体数は11月中および下旬に最大となったが、オングルカルベンについては前年同時期の最大個体数122に比べて約半数であった。また、2つのルッカリーは2-3kmの距離であるにもかかわらず、標識番号の確認ができた個体の約90%が前年と同じルッカリーに帰巢していた。両ルッカリーで JARE-23 が標識を付与した個体のうち、10月27日から11月19日の間に番号の確認ができたのは、オングルカルベンで27個体、まめ島で23個体だった。一方、JARE-13の付与した標識(0057)を持つ1個体がオングルカルベンのルッカリーで発見された。

表 9 昭和基地周辺ルッカリーにおけるアデリーペンギン個体数変化
 Table 9. Variations of individual number of the Adélie penguin observed
 at rookeries near Syowa Station.

| 場 所 | 月 日 | 個 体 数 |
|-----------|-----------|--------|
| 1983 年 | | |
| オングルカルベン | 10 月 26 日 | 3 |
| | 27 日 | 4 |
| | 31 日 | 6 |
| | 11 月 7 日 | 48 |
| | 11 日 | 58 |
| | 19 日 | 59 |
| | 12 月 8 日 | 20 |
| | 21 日 | 15 |
| ま め 島 | 10 月 26 日 | 0 |
| | 27 日 | 5 |
| | 31 日 | 9 |
| | 11 月 7 日 | 44 |
| | 11 日 | 48 |
| | 19 日 | 53 |
| | 12 月 21 日 | 9 |
| | 1 月 22 日 | 21 |
| ル ン パ 島 | 10 月 27 日 | 約 40 |
| | 11 月 13 日 | 約 1200 |
| | 23 日 | 約 840 |
| | 12 月 4 日 | 486 |
| 袋 浦 | 11 月 7 日 | 267 |
| | 22 日 | 310 |
| | 12 月 4 日 | 199 |
| 水 く ぐ り 浦 | 11 月 7 日 | 98 |
| | 22 日 | 101 |
| | 12 月 4 日 | 53 |
| 弁 天 島 | 11 月 12 日 | 8 |

JARE-24 では前次隊の作製したアルミニウム製の標識バンドを 11 個体 (番号: 455-461, 463-465, 469) に取り付けした。アルミバンド端をフリップパー内側に折り曲げて固定する方法ではペンギンの脇腹を傷つける恐れがあるため、それを防ぐことと、バンドの刻印を見易くするためにバンド端を外側に折り曲げた。しかし前年に標識を取り付けた個体の帰巣率が低く、標識の取り付けがルッカリーへの帰巣率を低下させる恐れがあったため、11 個体で取り付けを中止した。今後、標識バンドの材質や構造、遠くからでも番号の読み取りができるカラーコード化、標識取り付けをペンギンを傷つけずかつ容易な方法にするなど検討の余地がある。

4.6.2. コウテイペンギン

これまでに昭和基地周辺で発見されたリーセルラルセン半島東側、およびプリンスオラフ海岸梅干岩北側にある 2 つのコウテイペンギンルッカリーを航空機から写真に撮影し、個体

数計数用資料とした。調査実施日はそれぞれ 10 月 6 日, 11 月 6 日, 12 月 15 日 (リーセルラルセン半島) および 10 月 29 日, 12 月 19 日 (梅干岩) であった。両ルッカリーとも大陸から張り出した棚氷の崖の近くの海氷上にあり, 10 月には密集していた群が, 営巣地がフンで汚れるにつれて次第に移動し, 12 月には分散する傾向が見られた。

4.6.3. ウェッデルアザラン

昭和基地周辺では, 冬季間ウェッデルアザランの姿はあまり見られず, 9 月上旬頃から氷山の周囲のタイドクラックのそばなどで見られるようになった。新生仔を初めて発見したのは 10 月 11 日, ルンパ南岸の海氷上であった。

JARE-21 により標識を付けられた個体のうち, 21-33 番は 11 月 21 日, また 21-35 番は 11 月 23 日ラングホブデ親指岬の南西約 1 km の海氷上で発見された。一方, JARE-24 では 11 月 11 日, オングルカルベン北東約 500 m の冰山群域において 4 頭の新生仔に対し, 21-101-104 の標識を後肢指間部に取り付けた。

航空機を用いた個体数調査は, 11 月 2 日にリュツォ・ホルム湾東部, 11 月 6 日に同西部で実施し, 高度 300-500 m から肉眼により計数した。

5. おわりに

第 24 次越冬隊は前次隊から引き続いて海洋物理・化学・生物学的な要素の季節的な変動を観測し, この結果 1 月中旬から 2 月中旬にかけて植物プランクトンの現存量が最大となることを明らかにした。この期間は越冬交代期のため, これまで調査の欠けていた部分であった。この事実は, 今後南極海の沿岸生態系の構造を解明する上で重要である。

一方, 海氷を生活の場としているアイスアルジーや小型動物プランクトンなどが, 夏季の海氷融解期にどのような挙動を示すかという問題については, 今回はその時期の連続観測が実施できなかった。これらの生物の一年を通しての生活環を知るためには, 春から秋にかけての連続的な調査が不可欠である。しかし海氷が不安定な夏季には, 雪上車はもちろんスノーモービルでさえも氷上を走行することが困難な場合が多い。この時期の調査には, 係留ブイなどの無人観測システムや, ヘリコプターなどを利用した新しい調査方法を確立する必要がある。

本報告を終えるにあたり, 国内での準備に労をとられた方々, 南極での調査を常に支えて下さった第 24 次隊の前晋爾隊長以下隊員各位, とりわけ設営担当隊員に対し心から感謝申しあげる。また越冬交代時には第 23 次越冬隊ならびに第 25 次観測隊員各位, 潜水調査など支援していただいた「ふじ」の竹内秀一艦長以下乗組員各位, および「しらせ」の佐藤保艦長以下乗組員各位にお世話になった。厚くお礼申しあげる。

文 献

- 福地光男・谷村 篤・大塚英明・星合孝男 (1985): 第 23 次越冬隊海洋生物観測 (BIOMASS 計画) 報告 1982. 南極資料, **85**, 102-117.
- SATO, H., YAMAGUCHI, Y., KOKUBUN, N. and ARUGA, Y. (1985): Application of infrared absorption spectrometry for measuring the photosynthetic production of phytoplankton by the stable ^{13}C isotope method. *La mer*, **23**, 171-176.
- SCAR, SCOR, GROUP OF SPECIALISTS ON LIVING RESOURCES OF THE SOUTHERN OCEAN AND SCOR WORKING GROUP 54 (1977): Research proposals. Biological Investigation of Marine Antarctic Systems and Stocks (BIOMASS), **1**, 1-79.
- 渡辺研太郎・中嶋 泰・内藤靖彦 (1982): 東オングル島沿岸での氷下潜水調査報告. 南極資料, **75**, 75-92,

(1985 年 12 月 26 日受理; 1986 年 1 月 10 日改訂稿受理)